

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-163433

(43)公開日 平成6年(1994)6月10日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H01L 21/205  
21/302

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

E 9277-4M

審査請求 未請求 請求項の数8(全12頁)

(21)出願番号 特願平4-333786

(22)出願日 平成4年(1992)11月20日

(71)出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目3番1号

(72)発明者 風間 晃一

東京都新宿区西新宿2丁目3番1号 東京  
エレクトロン株式会社内

(72)発明者 小美野 光明

東京都新宿区西新宿2丁目3番1号 東京  
エレクトロン株式会社内

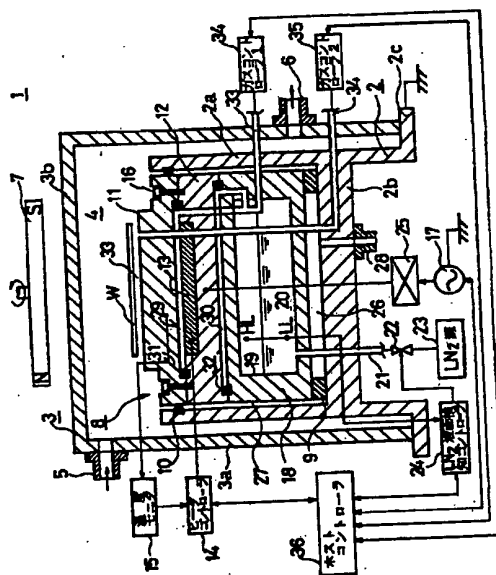
(74)代理人 弁理士 亀谷 美明 (外1名)

(54)【発明の名称】 プラズマ処理方法及び装置

(57)【要約】

【目的】 低温エッチング時の被処理体の温度を適切に制御するための装置及び方法を提供する。

【構成】 冷却源を絶縁層より上部のサセプタ電極内に一体的に配置することにより、被処理体への伝熱経路の短いエッチング装置が構成される。かかるエッチング装置において、エッチング処理を中断せずに、ヒータ出力の調節のみによって被処理体の温度制御を行うことにより、スループットを落とさずに、適切な温度制御を実行可能である。またプラズマの発光状況と同期させて温度制御を行うことも可能である。



## 【特許請求の範囲】

1  
【請求項1】処理室内に被処理体を載置固定するためのサセプタと、そのサセプタを介して前記被処理体に冷却熱を伝達するための伝熱経路と、その伝熱経路に冷却熱を供給するための冷却熱源と、前記伝熱経路を経由する冷却熱量を調整するための温度調節手段とを有する低温処理装置において、前記被処理体の処理を中断することなく連続的に実施しながら、前記温度調節手段により前記伝熱経路を経由する冷却熱量を変化させることにより、前記被処理体の温度を所望の温度範囲内に制御することを特徴とする、処理方法。

10  
【請求項2】複数の前記被処理体を周期的に連続処理する場合に、所定の周期関数に従って、前記伝熱経路を経由する冷却熱量を変化させることを特徴とする、請求項1に記載の処理方法。

【請求項3】処理室内に被処理体を載置固定するためのサセプタと、そのサセプタを介して前記被処理体に冷却熱を伝達するための伝熱経路と、その伝熱経路に冷却熱を供給するための冷却熱源と、前記伝熱経路を経由する冷却熱量を調整するための温度調節手段とを有する低温処理装置において、前記サセプタが3層構造に構成され、前記被処理体が上層の第1のサブサセプタ上に載置固定され、前記温度調節手段が中層の第2のサブサセプタに配置され、前記冷却熱源が下層の第3のサブサセプタに配置され、前記伝熱経路が前記冷却熱源から前記第3のサブサセプタ、前記温度調節手段を備えた前記第2のサブサセプタ、及び第1のサブサセプタを順次介して前記被処理体にまで形成されていることを特徴とする、処理装置。

20  
【請求項4】前記第1、第2及び第3のサブサセプタから3層構造に構成された前記サセプタが電気的に同一極性を有する一体的な電極を構成していることを特徴とする、請求項3に記載の処理装置。

30  
【請求項5】前記被処理体と第1のサブサセプタとの間に形成される第1の間隔、前記第1のサブサセプタと前記温度調節手段を備えた前記第2のサブサセプタとの間に形成される第2の間隔、前記第2のサブサセプタと前記第3のサブサセプタとの間に形成される第3の間隔に、それぞれ、伝熱抵抗が低くかつ処理室内の処理ガスと反応し難い伝熱媒体を所定の圧力で封入することを特徴とする、請求項3又は4に記載の処理装置。

40  
【請求項6】前記第1、第2及び第3の間隔に封入される伝熱媒体が不活性ガスであることを特徴とする、請求項3ないし請求項5のいずれかに記載の処理装置。

【請求項7】前記第1、第2及び第3の間隔に封入される伝熱媒体が300 Torr以下に設定されることを特徴とする、請求項3ないし請求項6のいずれかに記載の処理装置。

【請求項8】処理室内にプラズマを生成するためのプラ

ズマ生成手段と、前記処理室内に被処理体を載置固定するためのサセプタと、そのサセプタを介して前記被処理体に冷却熱を伝達するための伝熱経路と、その伝熱経路に冷却熱を供給するための冷却熱源と、前記伝熱経路を経由する冷却熱量を調整するための温度調節手段と、さらに前記プラズマの発光を検知するためのプラズマ発光センサとを有する低温プラズマ処理装置において、前記被処理体の処理を中断することなく連続的に実施しながら、前記温度調節手段により前記伝熱経路を経由する冷却熱量を変化させることにより、前記被処理体の温度を所望の温度範囲内に制御するに際して、前記プラズマ発光センサからのプラズマ発光信号に同期して上記制御を行うことを特徴とする、処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、処理方法及び装置に関する、特に低温処理方法及び装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】反応性ガスプラズマを用いて被処理体を処理する技術、例えばエッチングを施すドライエッチング技術においては、垂直なパターン形状と高い選択比を得るために、加工するウェハを冷却してエッチング処理を施す方法が知られている。例えば、特開昭60-158627号公報には、冷媒溜めを有する電極上にウェハを載置して反応表面を低温化することにより、サイドエッチング反応を抑制するための低温エッチング方法が開示されている。

【0003】かかる低温エッチングにおいては、ウェハの反応表面の温度を許容処理温度範囲内に保持することが、製品の歩留まりを向上させ、かつ微細な表面加工を行う上で重要である。しかし、通常のプラズマ処理装置では、プラズマを発生するためにかけた高周波パワーの40～50%が熱エネルギーに変換され、しかも、その熱エネルギーへの変換効率は様々な要因により一定ではないので、ウェハの温度を許容エッチング温度範囲内に制御することは困難である。

【0004】プラズマにより発生される熱エネルギーに変動をもたらす要因としては、高周波パワーや処理室内の圧力やガス流量などの変動、あるいはエッチングにより生じた副生成物などの影響が考えられる。しかし、これらの要因は複雑に関連しているのでパラメータ化して、予測制御に利用することはできない。さらに、かかる低温エッチングでは、被処理体であるウェハの表面温度を低温に制御すればするほど、加工精度が向上するため、冷却の極低温化が進められているが、かかる極低温環境は、ますます、ウェハ温度の適切な制御を困難なものにしている。

【0005】かかる状況の中で、ウェハの温度を一定の範囲内に制御するための様々な試行がなされている。例えば、特開平3-134187号公報には、高周波電源

をオンにしてプラズマを発生させ、ウェハの温度が所定の温度範囲以上に上昇するとエッチングを停止し、ウェハの温度低下を待って、高周波電源を再度起動させることにより、ウェハの温度を所定の温度範囲内に制御する時分割エッチング方法（間欠エッチング方法）が開示されている。しかし、このような間欠エッチング方法によれば、処理工程上高周波電源のオフが必要とされる場合を除き、ウェハの温度制御のために高周波電源をオフにしている時間だけロスが生じ、スループットを落とし10 てしまう。例えば、1分エッチングでデューティ比を50%と仮定すれば、処理に要する時間は2倍の2分となってしまう。

【0006】また、特開平4-196528号公報には、サセプタの熱伝達経路に冷却部からの冷却パワーを減じるための熱抵抗部材を設け、温度調節手段によりこの熱抵抗部材が発生する温度を制御することにより、ウェハの温度を一定の範囲内に制御するエッチング装置が開示されている。しかし、かかるエッチング装置の伝熱経路は複雑かつ長いものであり、十分に満足の行くウェハの温度制御を行うことが困難である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】したがって、上記のような従来の技術が有する問題点に鑑み、本発明の目的とするところは、低温エッチングにおいて、エッチング処理のスループットを低下させることなく、ウェハの温度を所定の処理温度範囲内に制御可能な新規かつ改良されたエッチング方法を提供することである。

【0008】さらに本発明の別の目的は、上述のような制御を行うに際して、冷却熱源から被処理体への冷却熱の最適な伝熱経路を有する新規かつ改良されたエッチング装置を提供することである。

【0009】さらにまた本発明の別の目的は、上述のような制御を行うに際して、プラズマの発生状態とウェハの温度制御とを関連づけることにより、より正確かつ効率的なエッチング処理を実施可能な新規かつ改良されたエッチング方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明によれば、処理室内に被処理体を載置固定するためのサセプタと、そのサセプタを介して前記被処理体に冷却熱を伝達するための伝熱経路と、その伝熱経路に冷却熱を供給するための冷却熱源と、前記伝熱経路を経由する冷却熱量を調整するための温度調節手段とを有する低温処理装置において、前記被処理体の処理を中断することなく連続的に実施しながら、前記温度調節手段により前記伝熱経路を経由する冷却熱量を変化させることにより、前記被処理体の温度を所望の温度範囲内に制御することを特徴とする、処理方法が提供される。また、複数の前記被処理体を周期的に連続処理する場合には、所定の周期関数に従って、前記伝熱経路を経由する

冷却熱量を変化させることが好ましい。

【0011】さらに、本発明の別の観点によれば、処理室内に被処理体を載置固定するためのサセプタと、そのサセプタを介して前記被処理体に冷却熱を伝達するための伝熱経路と、その伝熱経路に冷却熱を供給するための冷却熱源と、前記伝熱経路を経由する冷却熱量を調整するための温度調節手段とを有する低温処理装置において、前記サセプタが3層構造に構成され、前記被処理体が上層の第1のサブサセプタ上に載置固定され、前記温度調節手段が中層の第2のサブサセプタに配置され、前記冷却熱源が下層の第3のサブサセプタに配置され、前記伝熱経路が前記冷却熱源から前記第3のサブサセプタ、前記温度調節手段を備えた前記第2のサブサセプタ、及び第1のサブサセプタを順次介して前記被処理体にまで形成されていることを特徴とする、処理装置が提供される。なお、前記第1、第2及び第3のサブサセプタから3層構造に構成された前記サセプタは、電気的に同一極性を有する一体的な電極を構成していることが好ましい。

【0012】また、本発明のある実施例によれば、前記被処理体と第1のサブサセプタとの間に形成される第1の間隔、前記第1のサブサセプタと前記温度調節手段を備えた前記第2のサブサセプタとの間に形成される第2の間隔、前記第2のサブサセプタと前記第3のサブサセプタとの間に形成される第3の間隔に、それぞれ、伝熱抵抗が低くかつ処理室内の処理ガスと反応し難い伝熱媒体を所定の圧力で封入することが好ましい。その場合に、本発明の別の実施例によれば、前記第1、第2及び第3の間隔に封入される伝熱媒体が不活性ガスであることが好ましく、また、前記第1、第2及び第3の間隔に封入される伝熱媒体が300 Torr以下に設定されることが好ましい。

【0013】さらにまた、本発明のさらに別の観点によれば、処理室内にプラズマを生成するためのプラズマ生成手段と、前記処理室内に被処理体を載置固定するためのサセプタと、そのサセプタを介して前記被処理体に冷却熱を伝達するための伝熱経路と、その伝熱経路に冷却熱を供給するための冷却熱源と、前記伝熱経路を経由する冷却熱量を調整するための温度調節手段と、さらに前記プラズマの発光を検知するためのプラズマ発光センサとを有する低温プラズマ処理装置において、前記被処理体の処理を中断することなく連続的に実施しながら、前記温度調節手段により前記伝熱経路を経由する冷却熱量を変化させることにより、前記被処理体の温度を所望の温度範囲内に制御するに際して、前記プラズマ発光センサからのプラズマ発光信号に同期して上記制御を行うことを特徴とする、処理方法が提供される。

【0014】

【作用】本発明においては、冷却源から被処理体への伝熱経路を経由する冷却熱源を変化させることにより、被

処理体の温度を所望の温度範囲内に制御している。そのため、被処理体のエッチング環境を変化させたり、プラズマ処理を中断する必要がないので、スループットを落とすことなく、処理を実施可能である。特に、複数の被処理体を周期的に連続処理する場合には、所定の周期回数に従って伝熱経路を経由する冷却熱源を変化させることにより、処理の高速化及び簡易化を図ることができる。

【0015】また、本発明においては、絶縁層よりも上部に冷却源を配置することにより、冷却源から被処理体へ冷却熱を伝達する経路を下部電極であるサセプタ内に一体的に構成している。そのため、サセプタを構成する部品点数が少なくなり、従って、部材間の界面数の減少を図ることが可能なので、伝熱経路の簡略化及び短縮化が達成され、被処理体の温度制御を容易かつ効率的に実施可能となる。

【0016】さらにまた、本発明によれば、プラズマ発光センサによりプラズマの発光を確認してから、上記のような温度制御を実施することができる。そのため、不安定なプラズマの発光条件に対応すると共に、略周期的に変動するプラズマの発光強度に対応して、効率的に被処理体の温度制御を実施することが可能である。

【0017】

【実施例】以下、本発明に基づく処理方法及び装置を、プラズマエッチング装置に適用した一実施例について、図面を参照しながら具体的に説明する。最初に、図1に基づいて、本発明を適用可能なプラズマエッチング装置の構成について説明する。

【0018】このプラズマエッチング装置1は、アルミニウム等の材料から成る内側枠2と外側枠3とから構成される処理室4を備えている。内側枠2は、円筒壁部2a、その円筒壁部2aの下端から上方に若干の間隔を空けて設けられた底部2b、及びその円筒壁部2aの下端外周に設けられた外方折れ縁部2cとから構成されている。他方、外側枠4は、円筒壁部3a及び頂部3bとから構成されており、上記内側枠2を気密に覆うように上記外方折れ縁部2cの上に載置される。

【0019】上記外側枠4の円筒壁部3aの上方には、図示しない処理ガス源より、例えばHFガスなどの処理ガスを図示しないマスフローコントローラを介して上記処理室4内に導入可能なガス供給管路5が設けられている。また、上記円筒壁部3aの他方側下方には、ガス排気管路6が設けられており、図示しない真空ポンプにより真空引きが可能な如く構成されている。

【0020】上記外側枠3の頂部3bの上方には、被処理体、例えば半導体ウェハWの表面に水平磁界を形成するための磁界発生装置、例えば永久磁石7が回転自在に設けられており、この磁石による水平磁界と、これに直交する電界を形成することにより、マグネトロン放電を発生させることができるように構成されている。

【0021】図1に示すように、処理室4内には、被処理体、例えば上記半導体ウェハWを載置固定するためのサセプタアセンブリ8が配置される。このサセプタアセンブリ8は、複数の絶縁部材9を介して上記内側枠2の底部2b上に載置されており、同時に、上記サセプタアセンブリ8の側面と上記内側枠2の円筒壁部2aとの間には、例えばリング状の絶縁部材10が介装されているので、上記サセプタアセンブリ8は、外部で接地されている上記内側枠2及び上記外側枠3から絶縁状態に保持されるように構成されている。

【0022】上記サセプタアセンブリ8は、図示の通り、3層構造を有している。上記サセプタアセンブリ8の上層の第1のサブサセプタ11の上面には、被処理体である半導体ウェハWを載置固定可能である。この載置固定方式としては、例えば静電チャック方式により、クーロン力により半導体ウェハWを吸引して固定することができる。

【0023】上記サセプタアセンブリ8の中層の第2のサブサセプタ12には、半導体ウェハWの温度を調節するための温度調節装置、例えばヒータ13が設けられている。図示の例では、上記ヒータ13は、上記第2のサブサセプタ12の上面に、すなわち、上記第1のサブサセプタ11の下面に面するように設置されているが、この位置に限定されない。このヒータ13は、ヒータコントローラ14に接続されており、上記第1のサブサセプタ11の温度を監視する温度モニタ15からの信号に応じて、温度制御を行うように構成されている。

【0024】上記第1のサブサセプタ11は、上記第2のサブサセプタ12に対して、ボルト16などの連結部材を用いて、着脱自在に固定される。かかる構成により、上記第1のサブサセプタ11が汚染された場合に、高周波電源17に接続されている上記第2のサブサセプタ12とは別個に、上記第1のサブサセプタ11部分のみを交換することが可能となり、装置の保守が容易となる。

【0025】前述のように、上記第1のサブサセプタ11の側壁と上記内側枠2の円筒壁部2a内面との間にはリングなどの上記絶縁部材10が介装されているので、処理ガスは上記第2のサブサセプタ12よりも下方には到達せず、上記サセプタアセンブリ8の中層及び下層の汚染が防止される。

【0026】上記サセプタアセンブリ8の下層の第3のサブサセプタ18の内部には、例えば液体窒素などの冷媒20を溜めるための冷媒ダメ19が設置されている。この冷媒ダメ19は、パイプ21によりバルブ22を介して液体窒素源23に連通している。上記冷媒ダメ19内には、冷媒の最高水位と最低水位を検出するための液面モニタHL及びLLが配置されている。液体窒素液面検知コントローラ24は、これらの液面モニタからの信号に応じて上記バルブ22を開閉することにより、上

7  
記冷媒ダメ19内の液体窒素などの冷媒20の量を制御するように構成されている。さらに、上記冷媒ダメ19内の内壁底面は、例えばガラスに形成され、核沸騰を起こすことができるようになっており、その内部の液体窒素を-196℃に維持することができる。

【0027】このように、第1、第2及び第3のサブサセプタ11、12及び18から成る上記サセプタアセンブリ8は、上記絶縁部材9及び10により、上記処理室4を構成する上記内側棒2及び外側棒3から絶縁され、電気的には同一極性のカソードカップリングを構成し、中層の上記第2のサブサセプタ12には、マッチング装置26を介して上記高周波電源17が接続されている。かくして、上記サセプタアセンブリ8と接地されている外側棒3とにより対向電極が構成され、高周波電力の印加により、電極間にプラズマ放電を発生させることが可能である。

【0028】なお、上記絶縁部材9及び10により、上記サセプタアセンブリ8と上記内側棒2との間には、相互に連通する下部間隔26及び側部間隔27が形成されるが、これらの間隔26及び27内は排気管路28を介して図示しない真空ポンプにより真空引きが可能のように構成されている。

【0029】さらに、本実施例に基づくサセプタアセンブリ8の上層の上記第1のサブサセプタ11と上記ヒータ13を備えた中層の上記第2のサブサセプタ12との間、及び中層の上記第2のサブサセプタ12と下層の上記第3のサブサセプタ18との間には、それぞれ間隔29及び30が形成されている。これらの間隔は、例えばOリングのような封止部材31及び32により、それぞれ気密に構成されており、第1のガスコントローラ34の制御下、管路33を介して図示しない第1のガス源からアルゴンやヘリウムなどの不活性ガスを封入することが可能に構成されている。

【0030】上記間隔29及び30は、1~100μmであり、好ましくは、50μm程度に形成される。これらの間隔29及び30には、図示の例ではアルゴンやヘリウムなどの不活性ガスが封入されているが、これは例示であって、封入される媒体は、冷却源20からの冷却熱を最小限の熱損失で伝達可能であり、かつ、仮に漏れが生じた場合であっても処理室4内の処理ガスと反応し難い伝熱媒体であれば、上記例に限定されない。

【0031】上記間隔29及び30に封入される不活性ガスは、300Torr以下、好ましくは70Torr程度の圧力に加圧されている。図2に示すように、熱抵抗Rは圧力を高めた方が低くなるが、300Torrを越えた当たりからほぼ一定値をとるため、上記範囲内で封入ガス圧を選択すれば十分である。

【0032】また、被処理体である上記半導体ウェハWと上層の上記第1のサブサセプタ11との間の間隔33にも、第2のガスコントローラ35の制御下、図示しな

い第2のガス源から管路34を介してアルゴンやヘリウムなどの不活性ガスが供給される。この間隔33は、上記間隔29及び30のように封止部材31及び33により封止されていないが、上述の通り、半導体ウェハWは静電チャックのクーロン力により上記第1のサブサセプタ11上に載置固定されているので、このクーロン力により上記間隔33には20Torr未満の圧力を有する伝熱媒体であれば封止することが可能である。

【0033】この場合にも、上記第2のガス源から供給される伝熱媒体としては、上記冷却源20からの冷却熱を最小限の熱損失で伝達可能であり、かつ、仮に漏れが生じた場合であっても処理室4内の処理ガスと反応し難い伝熱媒体の中から、例えば不活性ガスが選択される。

【0034】本発明に基づくプラズマエッチング装置1には、さらにホストコントローラ36が設けられている。このホストコントローラ36は、上記ヒータコントローラ14、上記高周波電源17、上記液体窒素の液面コントローラ24、上記第1のガスコントローラ34及び上記第2のガスコントローラ35に、それぞれ適当なバスを介して接続されており、これらのバスを介して各コントローラから信号を受信すると共に、本発明に基づくエッチング制御を実行するための指令信号を各コントローラに送ることができるように構成されている。

【0035】以上のように、本発明に基づくプラズマエッチング装置1においては、絶縁層よりも上部に冷却源20を配置することにより、冷却源20から被処理体Wへ冷却熱を伝達する経路を、下部電極であるサセプタアセンブリ8内に一体的に構成している。そのため、サセプタを構成する部品点数が少なくなり、従って、部材間の界面数の減少を図ることが可能なので、伝熱経路の簡略化及び短縮化が達成され、被処理体の温度制御を容易かつ効率的に実施可能となる。

【0036】次に図3に基づいて、上記プラズマエッチング装置の製造工程における構成について説明する。なお、既に説明したプラズマエッチング装置の同じ構成に付いては、同一の番号を付けて説明を略す。図示のように、本発明に基づくマグネトロンプラズマエッチング装置1の処理室4の外側棒3には、開閉自在に設けられたゲートバルブ50を介して隣接するロードロック室51が接続するように構成されている。

【0037】このロードロック室51には、搬送装置52、例えばアルミニウム製のアームを導電性テフロンによりコーティングして静電対策が施された搬送アームが設けられている。また、上記ロードロック室51には、底面に設けられた排気口より排気管53が接続され、真空排気弁54を介して真空ポンプ55により真空引きが可能のように構成されている。

【0038】上記ロードロック室51の側壁には、開閉自在に設けられたゲートバルブ56を介して隣接するカセット室57が接続されるように構成されている。この

カセット室57には、カセット58を載置する載置台59が設けられており、このカセット58には、被処理体である半導体ウェハWが25枚収納することができるように構成されている。また、上記カセット室57には、底面に設けられた排気口より排気管61が接続され、真空排気弁61を介して真空ポンプ56により真空引きが可能のように構成されている。

【0039】また、上記カセット室57の他方の側壁には、開閉自在に設けられたゲートバルブ62を介して大気に接するように構成されている。以上のように、本発明に基づくプラズマエッチング装置1は構成されている。

【0040】次に、このプラズマエッチング装置の動作説明を行う。大気との間に設けられたゲートバルブ62を開口して、被処理体Wを収納したカセット58を図示しない搬送ロボットにより、カセット室57の載置台59の上に載置され、上記ゲートバルブ62が閉口する。上記カセット室57に接続された真空排気弁61が開口して、真空ポンプ55により上記カセット室57が真空雰囲気、例えば $10^{-1}$ Torrに排気される。

【0041】次いで、ロードロック室51とカセット室57の間のゲートバルブ56が開口して、搬送アーム52により被処理体Wが上記カセット室57に載置されたカセット58より取り出され、保持されて上記ロードロック室51へ搬送され、上記ゲートバルブ56が閉口する。上記ロードロック室51に接続された真空排気弁53が開口して、真空ポンプ55により上記ロードロック室51が真空雰囲気、例えば $10^{-3}$ Torrに排気される。

【0042】この間処理室4内においては、冷却熱が冷媒ダム19内の冷却源20から伝達され、これにより上層の第1のサブサセプタ11が冷却された状態で、上記被処理体Wが上記ロードロック室51から搬送され載置されるのを待機している。

【0043】次いで、ロードロック室51と処理室4の間のゲートバルブ50が開口して、上記搬送アーム52により被処理体Wが上記処理室4へ搬送され、上記第1のサブサセプタ11上に載置され、図示しない静電チャックにより固定され、上記ゲートバルブ50が閉口する。上記処理室4は、真空排気弁63を開口することにより、真空ポンプ55を介して真空雰囲気、例えば $10^{-5}$ Torrに予め排気されている。

【0044】さらに、図1に示す第2のガスコントローラ35により、上記被処理体Wの裏面空間33に対して所定の圧力に調整された、例えばヘリウムなどの不活性ガスが供給され、冷却された上記第1のサブサセプタ11により上記被処理体Wが適切な温度まで冷却される。しかる後、処理ガス、例えばHFガスなどのガスが、図示しないマスフローコントローラを介してガス供給管路5から処理室4内に導入される。

【0045】本実施例においては、内側枠2及び外側枠3が接地されており、サセプタアセンブリ8が一体的な下部電極を構成するので、中層の第2のサブサセプタ12に高周波電源17から高周波電力を供給することにより、対向電極が形成され、導入された処理ガスによるRIE方式のプラズマエッチングが可能のように構成される。さらに、上記処理室4の上方に配置された永久磁石7を回転し、半導体ウェハWの近傍にその面と平行な磁場を形成することで、イオンを半導体ウェハWに対して垂直に方向付けることが可能となり、異方性の高いエッチングを達成することができる。

【0046】所望のエッチング処理が終了すると、上記高周波電源17を停止し、プラズマの発生を止めると共に、処理ガスの供給も停止する。さらに、上記処理室4内の処理ガスや反応生成物を置換するために、窒素などの不活性ガスを上記処理室4内に導入すると共に、真空ポンプ55による排気が行われる。

【0047】上記処理室4内の残留処理ガスや反応生成物が十分に排気された後に、上記処理室4の側面に設けられたゲートバルブ50が開口され、隣接するロードロック室51より搬送アーム52が処理室4内の被処理体Wの位置まで移動し、被処理体Wを保持して、上記ロードロック室51に搬送し、上記ゲートバルブ50を閉口する。このロードロック室において、被処理体Wはヒータにより室温、例えば18℃まで昇温され、その後上記ロードロック室51よりカセット室57を介して大気に搬出される。以上が、本発明に基づくマグネトロンプラズマエッチング装置1を用いた実施例の動作説明である。

【0048】次に、図4～図7を参照しながら、以上説明したマグネトロンプラズマエッチング装置の構成と動作に基づいて行われるプラズマエッチング処理方法の実施例について説明する。上述のように、低温エッチングにおいては、ウェハの反応表面の温度を許容処理温度範囲内、例えば $-100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ に保持することが、製品の歩留まりを向上させ、かつ微細な表面加工を行う上で重要である。かかる温度範囲内にウェハの温度を制御するために、本発明に基づくエッチング方法によれば、被処理体のエッチング環境を変更せずに、例えば高周波電源の切替を行ったりせずに、エッチング処理を継続しながら、第2のサブサセプタ12内に設けられたヒータ13のみにより温度調整が行われる。

【0049】図4～図6は、複数枚の半導体ウェハを連続的に処理する場合のタイミングチャートを示しており、各図において、 $[t_2 \sim t_3]$ が1枚の半導体ウェハをエッチング処理するために要する1サイクルの時間周期であり、同様に、 $[t_4 \sim t_5]$ が別の1枚の半導体ウェハをエッチング処理するために要する1サイクルの時間周期である。図示の通り、本発明に基づくエッチング方法によれば、上記エッチング時間の間は高周波電源は

オン状態に保持され、プラズマの発光が中断されることなく継続される。

【0050】しかし、高周波電力、処理室内の圧力や処理ガスの流量の変動、あるいはエッチングにより生じた副生成物などが作用して、プラズマにより発生される熱エネルギーが変動し、それに従って被処理体である半導体ウェハの温度も変動する。このように変動する半導体ウェハの温度を所望の範囲内に制御するために、本発明によれば、高周波電源はオン状態に保持したまま、第1のサブサセプタ11内に設置された温度モニタ15から10の信号に応じてヒータコントローラ14によりヒータ13の出力のみが調節される。

【0051】このように、本発明によれば、温度モニタ15からの信号に応じてヒータ13の出力のみをフィードバック制御することにより、半導体ウェハの温度を所望の範囲内に保持することが可能である。しかし、図示の例のように、処理される半導体ウェハや処理ガスなどの処理環境に応じてヒータ13の出力調節にある程度の規則性が経験的に発見される場合がある。かかる場合には、複数枚の半導体ウェハを周期的に連続処理することが可能であり、ヒータ13の出力をその規則性を近似する所定の周期関数に基づいて連続的に制御することにより、容易かつ効率的な処理を実行できる。

【0052】例えば、図4に示す例においては、 $t_2$ においてピークを有する三角波状の周期関数に基づいてヒータ13の出力を調節することにより、半導体ウェハの温度を所望のエッチング温度制御範囲内に制御することが可能である。また、図5に示す例においては、 $t_2$ においてピークを有する2次曲線的な周期関数に基づいてヒータ13の出力を調節することにより、さらに、図630に示す例においては、 $t_1$ 、 $t_3$ 及び $t_5$ においてそれぞれトリガされるのこぎり波状の周期関数に基づいてヒータ13の出力を調整することにより、それぞれ、半導体ウェハの温度を所望のエッチング温度制御範囲内に制御する如く構成されている。

【0053】上記図4～図6に示す例においては、ヒータ13の出力を調整するための各周期関数のピーク又はトリガ時点が、高周波電源のオン時点と一致するように構成されているが、本発明に基づくエッチング制御方法はこれに限定されない。本発明を複数枚の半導体ウェハの連続処理に適用する場合には、各半導体ウェハの処理時間周期とヒータ13の出力を調整するための各周期関数の周期が一致していることが重要である。したがって、図7に示すように、高周波電源のオン時点、すなわち各ウェハの処理時間周期の起点( $t_2$ 、 $t_4$ )とヒータ13の出力を調整するための各周期関数のピーク時点( $t_2'$ 、 $t_4'$ )とがずれるように構成することも可能である。以上が、本発明に基づくマグネトロン放電形プラズマエッチング装置を用いた実施例の動作説明である。

【0054】次に、プラズマ発光検出手段80を設けた

プラズマエッチング装置1のさらに別の実施例について、図8を参照しながら説明する。なお、図8に示すプラズマエッチング装置において、プラズマ発光検出手段80を設けた以外の構成については、図1に示すプラズマエッチング装置と同様なので、既に説明したものと同一構成については、同一の番号を付して説明を略す。

【0055】図8に示すプラズマエッチング装置1には、高周波電源17により処理室4内に発生されたプラズマ70の発光強度を測定するためのプラズマ発光検出手段80と、この検出手段80を通して得られたプラズマ発光強度観測信号の変動周期を算出する周波数演算手段90とが配備されている。この周波数演算手段90は演算結果を適当なバスを介してホストコントローラ36に送り、ホストコントローラ36はその信号に基づき装置全体の各種制御を行うべく構成されている。

【0056】プラズマ発光検出手段80においては、処理室4の外側枠3の側壁3aにおけるウェハ搬入及び搬出ゲート(図3に符号50で示す)と干渉しない位置に窓81が開設されていると共に、その窓81に石英ガラス等から成る透明体81が嵌め込まれている。この透明体81の外側には、集光レンズ83を介して光ファイバ84が配設されている。

【0057】上記集光レンズ83の焦点位置は、上記プラズマ70内における一定位置PLにセットされている。さらに上記光ファイバ84の光学的後方には、当該光ファイバ84により導かれた主光線を受光する受光器85が配設されている。この受光器85は、上記プラズマ70の発生を確認すると共に、上記プラズマ70からの発光受光量を測定し、その測定量に対応した観測信号を光電変換による電気信号として、上記周波数演算手段70及びホストコントローラ36に送出するように構成されている。

【0058】上記周波数演算手段70は、前記発光検出手段80の受光器85から入力されるプラズマ発光強度観測信号を、所定のシーケンスに従って演算し、上記プラズマ発光強度観測信号の変動周期を得るように構成されている。この周波数演算手段70により演算された上記プラズマ発光強度に関する諸データはホストコントローラ36に送出され、ホストコントローラ36はその信号に基づいて装置全体の制御を行うことが可能である。

【0059】次に上記のような構成を有する図8に示す実施例装置による制御方法について説明する。既に説明したように、本発明に基づく半導体ウェハの温度制御は、高周波電源17のオンオフ切替とは無関係に、冷却熱伝達経路に配置されたヒータ13を調整することによってのみ行われる。しかしながら、条件によっては、高周波電源17をオンにしたにもかかわらずプラズマ70が上記処理室4内に発生しない場合がある。このようにプラズマが発生しない場合にも、本願に基づいてウェハの温度制御を行うことは無駄であり、また温度制御によ

り逆に所望の温度範囲を逸脱するおそれがある。特に、複数の半導体ウェハを連続処理する場合には、エッチング処理の周期とヒータ出力調整の周期とがずれて、製品にダメージを与えるおそれがある。

【0060】上記のような事態を回避するために、図8に示す実施例装置を用いた方法によれば、プラズマ発光検出手段80によりプラズマの発生が確認されてから、ヒータ13による半導体ウェハWの温度調節が実行される。かかる制御により、プラズマが発生していないにもかかわらず、ヒータ13による温度制御を実行してしまった場合に生じる不測の事態を回避することができる。

【0061】また、本発明を適用可能なマグネトロン放電形プラズマエッチング装置1では、高周波電力をサセプタアセンブリ8に印加することによりプラズマ70を生成すると共に、永久磁石等の磁界形成手段7からの磁界により上記プラズマ70の密度を部分的に高め、その部分的に密度が高められたプラズマが、上記永久磁石7の偏心回転により被処理体である半導体ウェハWの上を偏心回転するように構成されている。このように磁界によりプラズマの密度を局所的に集中させることにより、エッチング処理がきわめて効果的に実行されると共に、プラズマが集中された箇所を偏心回転させることにより、エッチング処理が被処理体の前面にわたって均一に実行されることになる。

【0062】この場合に、処理室4内に生成するプラズマ70は、上記永久磁石7の偏心回転により略周期性を有して変化している。このようなプラズマ70の略周期性は、上記処理室4内に生じる反応種又は反応生成物のスペクトル光をプラズマ発光強度検出手段80により常時観測することにより、判定することができる。本発明によれば、上記のように周期的に変動するプラズマ発光強度の変動周期を上記周波数演算装置90により求め、この変動周期をヒータ出力の調整のためのパラメータとして利用することができる。

【0063】特に複数の半導体ウェハを周期的に連続処理する場合には、上記プラズマ発光強度の変動周期と同期させて、ヒータ出力を調整して、半導体ウェハの温度制御を行うことにより、精度の高いエッチング処理をより迅速かつ効果的に行うことが可能である。

【0064】以上、実施例としてマグネトロン式プラズマエッチング装置に適用した例を示したが、これに限定されず、本発明は、CVD装置やアッシング装置、スパッタ装置にも適用することができる。

【0065】

【発明の効果】以上のように、本発明に基づく処理方法及び装置によれば、スループットを落とすことなく、被

処理体の温度制御を実施することが可能になる。さらに、本発明に基づく処理方法及び装置によれば、冷却源から被処理体へ冷却熱を伝達する伝熱経路を簡略化しかつ短縮化することが可能なので、被処理体の温度制御を容易かつ効率的に実施することが可能となる。さらにまた、本発明に基づく処理方法及び装置によれば、プラズマ発光条件に対応して、効率的に被処理体の温度制御を実施することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したマグネトロン式プラズマエッチング装置の一実施例の略断面図である。

【図2】伝熱媒体の熱抵抗と圧力との関係を示すグラフである。

【図3】図1に示すプラズマエッチング装置の製造工程における一実施例の略断面図である。

【図4】本発明に基づく温度制御を実行した場合の高周波電源入力電力とヒータ入力電力との関係を示す第1のタイムチャートである。

【図5】本発明に基づく温度制御を実行した場合の高周波電源入力電力とヒータ入力電力との関係を示す第2のタイムチャートである。

【図6】本発明に基づく温度制御を実行した場合の高周波電源入力電力とヒータ入力電力との関係を示す第3のタイムチャートである。

【図7】本発明に基づく温度制御を実行した場合の高周波電源入力電力とヒータ入力電力との関係を示す第4のタイムチャートである。

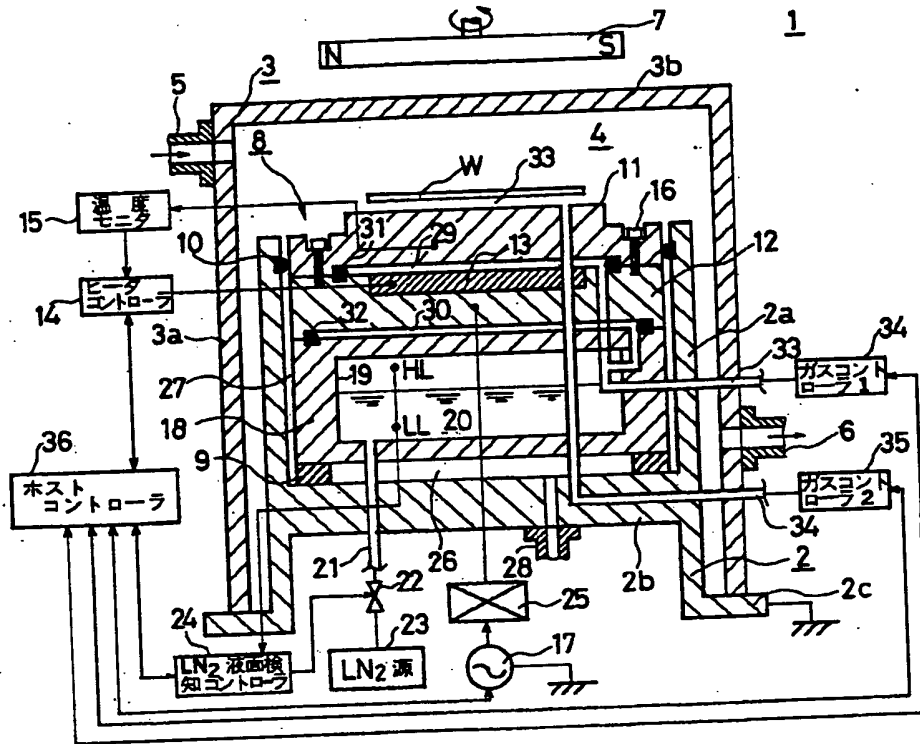
【図8】本発明を適用して、プラズマ発光検出手段を実装したマグネトロン式プラズマエッチング装置の一実施例の略断面図である。

【符号の説明】

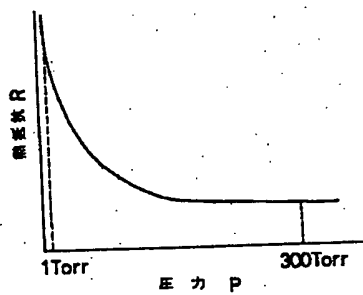
- 1 プラズマエッチング装置
- 2 内側枠
- 3 外側枠
- 4 処理室
- 7 永久磁石
- 8 サセプタアセンブリ
- 9, 10 絶縁部材
- 11 第1のサブサセプタ
- 12 第2のサブサセプタ
- 13 ヒータ
- 17 高周波電源
- 18 第3のサブサセプタ
- 19 冷媒ダメ
- 20 冷却源



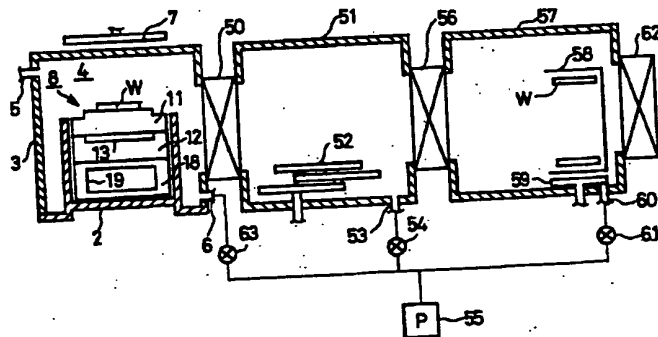
【図 1】



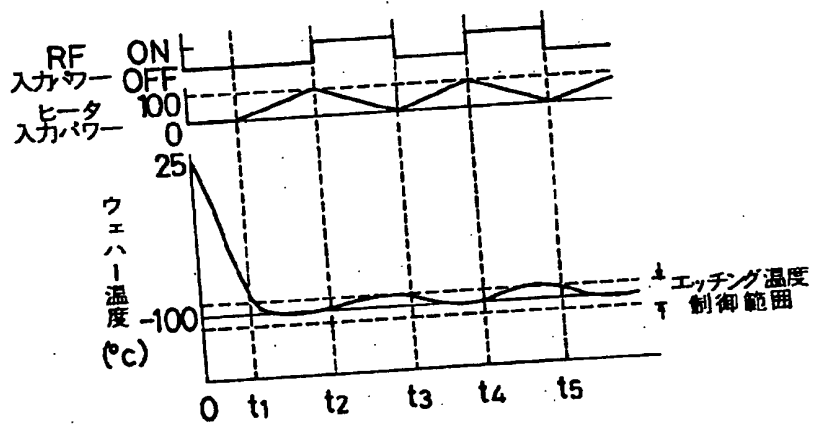
【図2】



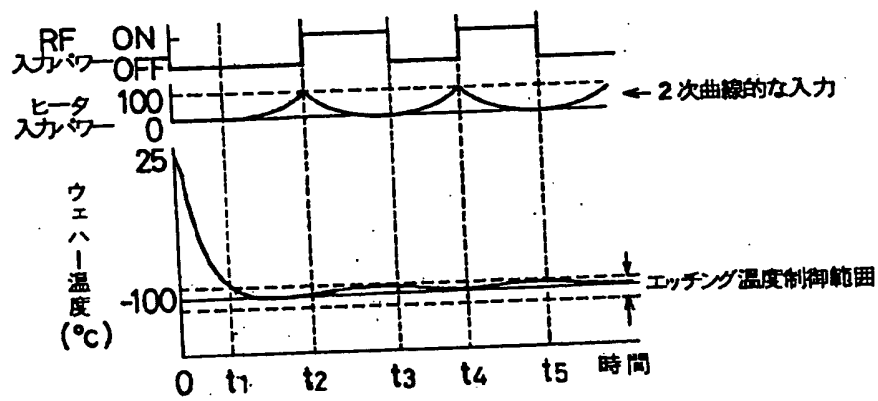
【図3】



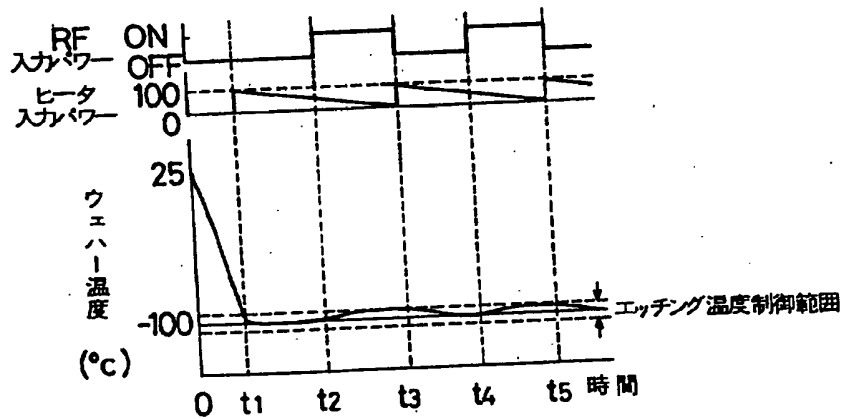
【図4】



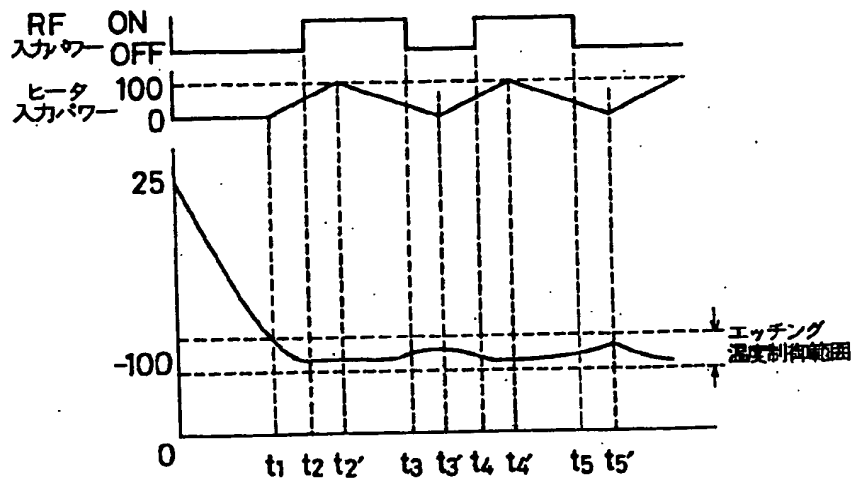
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

